

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT



別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

2000年 9月12日

出 願 番 号

Application Number:

特願2000-276205

出 願 人

Applicant(s):

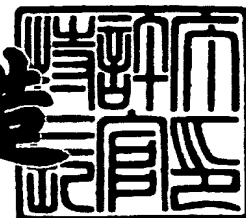
三洋電機株式会社

RECEIVED  
FOR 24 733  
TO 2000 MAIL ROOM

2000年 9月29日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

及 川 耕 造



出証番号 出証特2000-3080435

【書類名】 特許願

【整理番号】 NBA1001017

【提出日】 平成12年 9月12日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01S 3/025

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社  
社内

    【氏名】 野村 康彦

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社  
社内

    【氏名】 林 伸彦

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社  
社内

    【氏名】 畑 雅幸

【発明者】

    【住所又は居所】 大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号 三洋電機株式会社  
社内

    【氏名】 庄野 昌幸

【特許出願人】

    【識別番号】 000001889

    【氏名又は名称】 三洋電機株式会社

【代理人】

    【識別番号】 100098305

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 福島 祥人

    【電話番号】 06-6330-5625

【選任した代理人】

【識別番号】 100109438

【弁理士】

【氏名又は名称】 大月 伸介

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成11年特許願第271128号

【出願日】 平成11年 9月24日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 032920

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 0006012

【ブルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 半導体発光素子

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 2】 前記誘電体膜は、窒化膜および酸化膜を順に含むことを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 3】 前記誘電体膜は、前記窒化膜と前記酸化膜との間に窒素および酸素を含有する化合物膜をさらに含むことを特徴とする請求項 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 4】 前記化合物膜は、前記窒化膜との界面側から前記酸化膜との界面側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有することを特徴とする請求項 3 記載の半導体発光素子。

【請求項 5】 前記窒化膜は窒化珪素膜または窒化チタン膜であり、前記酸化膜は酸化珪素膜または酸化チタン膜であることを特徴とする請求項 2～4 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 6】 前記誘電体膜は、窒素および酸素を含有する化合物膜を含み前記化合物膜は、前記窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有することを特徴とする請求項 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 7】 前記化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であることを特徴とする請求項 6 記載の半導体発光素子。

【請求項 8】 発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒素および酸素を含有する化合物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 9】 前記誘電体膜は、化合物膜および酸化膜を含み、前記化合物

膜は、前記窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有することを特徴とする請求項 8 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 0】 前記化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であり、前記酸化膜は酸化珪素膜または酸化チタン膜であることを特徴とする請求項 9 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 1】 発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に窒素および酸素を含有する化合物を含むことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 1 2】 前記誘電体膜は、窒化膜および化合物膜を含み、前記化合物膜は、前記窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有することを特徴とする請求項 1 1 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 3】 前記窒化膜は窒化珪素膜または窒化チタン膜であり、前記化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であることを特徴とする請求項 1 2 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 4】 前記窒化物系半導体層は、前記発光層上に形成されたクラッド層をさらに含み、前記クラッド層は、平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有し、前記誘電体膜は、前記クラッド層の前記平坦部上および前記リッジ部の側面に形成されたことを特徴とする請求項 1 ～ 1 3 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 1 5】 前記リッジ部の側面に凹凸が形成され、前記クラッド層の平坦部上および前記リッジ部の側面に前記誘電体膜が形成されたことを特徴とする請求項 1 4 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 6】 前記窒化物系半導体層は、前記発光層下に設けられた第 1 導電型半導体層と、前記発光層上に設けられた第 2 導電型半導体層とをさらに含み、前記窒化物系半導体層の一部領域が除去されて前記第 1 導電型半導体層の一部が露出し、前記第 1 導電型半導体層の露出した領域に第 1 の電極が形成され、

前記第 2 導電型半導体層上に第 2 の電極が形成され、前記誘電体膜は前記第 1 の電極と前記第 2 の電極との間における前記窒化物系半導体層の表面に形成されたことを特徴とする請求項 1 ～ 1 5 のいずれかに記載の半導体発光素子。

【請求項 1 7】 窒化物系半導体からなる発光層上に、窒化物系半導体からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、前記クラッド層の前記リッジ部の側面に凹凸が形成され、前記クラッド層の平坦部上および前記リッジ部の側面に誘電体膜が形成されたことを特徴とする半導体発光素子。

【請求項 1 8】 前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むことを特徴とする請求項 1 7 記載の半導体発光素子。

【請求項 1 9】 前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒素および酸素を含有する化合物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むことを特徴とする請求項 1 7 記載の半導体発光素子。

【請求項 2 0】 前記誘電体膜は、前記窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ前記窒化物系半導体層と反対側に窒素および酸素を含有する化合物を含むことを特徴とする請求項 1 7 記載の半導体発光素子。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、G a N（窒化ガリウム）、A l N（窒化アルミニウム）、I n N（窒化インジウム）、B N（窒化ホウ素）もしくはT l N（窒化タリウム）またはこれらの混晶等のIII - V 族窒化物系半導体（以下、窒化物系半導体と呼ぶ）からなる化合物半導体層を有する半導体発光素子に関する。

【0 0 0 2】

【従来の技術】

近年、高密度・大容量の光ディスクシステムに用いられる記録あるいは再生用の光源として、青色または紫色の光を発する窒化物系半導体レーザ素子の研究開発が活発化している。

## 【 0 0 0 3 】

図 8 は、従来の窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

図 8 の半導体レーザ素子は、サファイア基板 1 の C 面上に、MOCVD（有機金属化学的気相堆積法）によりアンドープの AlGaIn からなるバッファ層 2、アンドープの GaN 層 3、n-GaN からなる第 1 コンタクト層 4、n-InGaIn からなるクラック防止層 5、n-AlGaIn からなる第 1 クラッド層 6、InGaIn 多層膜からなる発光層 7、p-AlGaIn からなる第 2 クラッド層 8、p-GaN からなる第 2 コンタクト層 9 が順に積層されてなる。

## 【 0 0 0 4 】

第 2 コンタクト層 9 の上面から第 2 クラッド層 8 の所定の深さまで一部の領域が除去されてリッジ部 10 が形成される。また、第 2 クラッド層 8 から第 1 コンタクト層 4 の所定の深さまで一部の領域が除去されて電極形成面 11 が形成される。

## 【 0 0 0 5 】

また、第 2 コンタクト層 9 の上面には p 側電極 131 が形成される。第 1 コンタクト層 4 の電極形成面 11 には n 側電極 132 が形成されている。

## 【 0 0 0 6 】

電流が流れる領域を制限し、レーザ発振に十分な光密度を得るために SiO<sub>2</sub> あるいは SiN からなる誘電体膜 12 が設けられている。誘電体膜 12 は、リッジ部 10 の両側面、第 2 クラッド層 8 の平坦面、第 2 クラッド層 8 から第 1 コンタクト層 4 に至る側面ならびに第 1 コンタクト層 4 の上面に形成される。

## 【 0 0 0 7 】

この誘電体膜 12 は、p 側電極 131 と n 側電極 132 との間の電氣的短絡を防止する機能を兼ねている。

## 【 0 0 0 8 】

## 【発明が解決しようとする課題】

誘電体膜 12 として SiO<sub>2</sub> 膜を用いると、窒化物系半導体と SiO<sub>2</sub> 膜との密着性が不十分なため、誘電体膜の割れや剥離といった問題が発生する。そのため歩留りが低くなる。

## 【 0 0 0 9 】

一方、誘電体膜 1 2 として S i N 膜を用いる場合には、N（窒素）含有量が成膜条件に強く依存するので、数百 n m 程度の厚みを有する S i N 膜を再現性よく形成することが困難である。そのため、S i N 膜の N 含有量により開口部を形成する際のエッチング速度が変化し、素子特性の再現性が低くなる。

## 【 0 0 1 0 】

なお、S i N 膜の膜厚を薄くすると、エッチング速度のばらつきの影響が低減されるが、段差部を完全に覆うことが困難になる。また、S i N 膜の膜厚が 3 0 n m 以下と薄くなると、ピンホールが存在するため、耐圧が低くなり、リーク電流が発生する。

## 【 0 0 1 1 】

本発明の目的は、素子特性の再現性が高くかつ歩留りが向上した半導体発光素を提供することである。

## 【 0 0 1 2 】

## 【課題を解決するための手段および発明の効果】

第 1 の発明に係る半導体発光素子は、発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むものである。

## 【 0 0 1 3 】

本発明に係る半導体発光素子においては、窒化物系半導体層の表面に窒化物が接する。また、窒化物系半導体層の反対側の表面には酸化物が含まれている。そのため、窒化物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性が良好となり、誘電体膜の割れおよび剥離が防止される。また、酸化物により誘電体膜のエッチング速度が均一となり、誘電体膜の加工精度が高くなる。その結果、素子特性の再現性が高くなり、かつ歩留りが向上する。

## 【 0 0 1 4 】

誘電体膜は、窒化膜および酸化膜を順に含んでもよい。この場合、窒化膜により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性が向上し、酸化膜により誘電体膜のエ



ツチング速度の均一性が確保される。

【 0 0 1 5 】

誘電体膜は、窒化膜と酸化膜との間に窒素および酸素を含有する化合物膜をさらに含んでもよい。この場合、化合物膜により窒化膜と酸化膜との密着性が良好となる。

【 0 0 1 6 】

化合物膜は、窒化膜との界面側から酸化膜との界面側に向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有してもよい。それにより、窒化膜と酸化膜との密着性がさらに向上する。

【 0 0 1 7 】

窒化膜は窒化珪素膜または窒化チタン膜であり、酸化膜は酸化珪素膜または酸化チタン膜であってもよい。この場合、上記の誘電体膜を容易に形成することができる。

【 0 0 1 8 】

誘電体膜は、窒素および酸素を含有する化合物膜を含み、化合物膜は窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有してもよい。

【 0 0 1 9 】

この場合、化合物膜中の窒素の含有量の多い領域により窒化物系半導体層と誘電体膜との密着性が向上し、化合物膜中の酸素の含有量の多い領域により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。

【 0 0 2 0 】

化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であってもよい。この場合、化合物膜を容易に形成することができる。

【 0 0 2 1 】

第 2 の発明に係る半導体発光素子は、発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒素および酸素を含有する化合物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含むものである。

## 【 0 0 2 2 】

本発明に係る半導体発光素子においては、窒化物系半導体層の表面に窒素および酸素を含有する化合物が接する。また、窒化物系半導体層と反対側の表面には酸化物が含まれている。そのため、化合物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性が良好となり、誘電体膜の割れおよび剥離が防止される。また、酸化物により誘電体膜のエッチング速度が均一となり、誘電体膜の加工精度が高くなる。その結果、素子特性の再現性が高くなり、かつ歩留りが向上する。

## 【 0 0 2 3 】

誘電体膜は、化合物膜および酸化膜を含み、化合物膜は、窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増加する傾斜組成を有してもよい。

## 【 0 0 2 4 】

この場合、化合物膜中の窒素の含有量の多い領域により窒化物系半導体層と誘電体膜との密着性が向上し、酸化膜により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。

## 【 0 0 2 5 】

化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であり、酸化膜は酸化珪素膜または酸化チタン膜であってもよい。この場合、化合物膜および酸化膜を容易に形成することができる。

## 【 0 0 2 6 】

第 3 の発明に係る半導体発光素子は、発光層を含む窒化物系半導体層の表面に誘電体膜が形成された半導体発光素子において、誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に窒素および酸素を含有する化合物を含むものである。

## 【 0 0 2 7 】

本発明に係る半導体発光素子においては、窒化物系半導体層の表面に窒化物が接する。また、窒化物系半導体層と反対側の表面には窒素および酸素を含有する化合物が含まれている。そのため、窒化物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性が良好となり、誘電体膜の割れおよび剥離が防止される。また、化合物

により誘電体膜のエッチング速度が均一となり、誘電体膜の加工精度が高くなる。その結果、素子特性の再現性が高くなり、かつ歩留りが向上する。

【 0 0 2 8 】

誘電体膜は、窒化膜および化合物膜を含み、化合物膜は、窒化物系半導体層との界面側から反対側へ向かって窒素の含有量が漸次減少しかつ酸素の含有量が漸次増大する傾斜組成を有してもよい。

【 0 0 2 9 】

この場合、窒化膜により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性が向上し、化合物膜中の酸素の含有量の多い領域により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。

【 0 0 3 0 】

窒化膜は窒化珪素膜または窒化チタン膜であり、化合物膜は珪素またはチタンと窒素と酸素との化合物膜であってもよい。この場合、窒化膜および化合物膜を容易に形成することができる。

【 0 0 3 1 】

窒化物系半導体層は、発光層上に形成されたクラッド層をさらに含み、クラッド層は、平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有し、誘電体膜は、クラッド層の平坦部上およびリッジ部の側面に形成されてもよい。

【 0 0 3 2 】

この場合、半導体発光素子としての半導体レーザ素子の動作電流を低減するとともに歩留りを向上させることができる。

【 0 0 3 3 】

リッジ部の側面に凹凸が形成され、クラッド層の平坦部上およびリッジ部の側面に誘電体膜が形成されてもよい。

【 0 0 3 4 】

この場合、リッジ部の側面に形成された凹凸により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性がさらに向上する。そのため、誘電体膜の割れまたは剥離が十分に防止され、無効電流がより低減される。

【 0 0 3 5 】

窒化物系半導体層は、発光層下に設けられた第 1 導電型半導体層と、発光層上に設けられた第 2 導電型半導体層とをさらに含み、窒化物系半導体層の一部領域が除去されて第 1 導電型半導体層の一部が露出し、第 1 導電型半導体層の露出した領域に第 1 の電極が形成され、第 2 導電型半導体層上に第 2 の電極が形成され、誘電体膜は第 1 の電極と第 2 の電極との間における窒化物系半導体層の表面に形成されてもよい。

## 【 0 0 3 6 】

この場合、半導体発光素子の第 1 および第 2 の電極間の絶縁性を確実にすることができるとともに歩留りを向上させることができる。

## 【 0 0 3 7 】

第 4 の発明に係る半導体発光素子は、窒化物系半導体からなる発光層上に、窒化物系半導体からなりかつ平坦部およびその平坦部上のリッジ部を有するクラッド層が形成され、クラッド層のリッジ部の側面に凹凸が形成され、クラッド層の平坦部上およびリッジ部の側面に誘電体膜が形成されたものである。

## 【 0 0 3 8 】

本発明に係る半導体発光素子においては、リッジ部の側面に形成された凹凸により誘電体膜と窒化物系半導体との密着性が向上する。そのため、誘電体膜の割れまたは剥離が防止され、無効電流が低減される。

## 【 0 0 3 9 】

誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含んでもよい。この場合、窒化物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性がさらに向上するとともに、酸化膜により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。その結果、素子特性の再現性が高くなるとともに、歩留りがさらに向上する。

## 【 0 0 4 0 】

誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒素および酸素を含有する化合物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に酸化物を含んでもよい。この場合、化合物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性がさらに向上するとともに、酸化物により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。その結果、素子特

性の再現性が高くなるとともに、歩留りがさらに向上する。

#### 【0041】

誘電体膜は、窒化物系半導体層との界面側に窒化物を含みかつ窒化物系半導体層と反対側に窒素および酸素を含有する化合物を含んでもよい。この場合、窒化物により誘電体膜と窒化物系半導体層との密着性がさらに向上するとともに、化合物により誘電体膜のエッチング速度の均一性が確保される。その結果、素子特性の再現性が高くなるとともに、歩留りがさらに向上する。

#### 【0042】

##### 【発明の実施の形態】

##### （第1の実施の形態）

図1は、本発明の第1の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

#### 【0043】

図1の半導体レーザ素子は、リッジ導波型半導体レーザ素子である。図1の半導体レーザ素子は、サファイア基板1上のC面上に、MOCVD法により、アンドープの $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなるバッファ層2、アンドープの $\text{GaN}$ からなる $\text{GaN}$ 層3、 $n\text{-Ga}\text{N}$ からなる第1コンタクト層4、 $n\text{-In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなるクラック防止層5、 $n\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる第1クラッド層6、後述する多重量子井戸構造の発光層7、 $p\text{-Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる第2クラッド層8、および $p\text{-Ga}\text{N}$ からなる第2コンタクト層9が順に積層されてなる。

#### 【0044】

導電性を $n$ 型にするために $\text{Si}$ がドーピングされている。また、導電性を $p$ 型にするために $\text{Mg}$ がドーピングされている。

#### 【0045】

第2コンタクト層9の上面から第2クラッド層8の所定の深さまで反応性イオンエッチングまたは反応性イオンビームエッチングにより一部の領域が除去されてストライプ状のリッジ部10が形成される。第2クラッド層8の上面から第1コンタクト層4の所定の深さまで反応性イオンエッチングまたは反応性イオンビ

ームエッチングにより一部の領域が除去され、第 1 コンタクト層 4 の電極形成面 1 1 が形成される。

【0 0 4 6】

リッジ部 1 0 の両側面、第 2 クラッド層 8 の平坦面および側面、発光層 7 の側面、第 1 クラッド層 6 の側面、クラック防止層 5 の側面、第 1 コンタクト層 4 の一部側面ならびに n 側電極 1 3 2 が形成されている領域を除く電極形成面 1 1 に  $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a ( $x$  はほぼ 1) が形成されている。また、 $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a の上に、 $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b ( $y$  はほぼ 2) が形成されている。誘電体膜 1 2 A は  $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a および  $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b からなる。

【0 0 4 7】

また、第 2 コンタクト層 9 の上面には p 側電極 1 3 1 が形成され、第 1 コンタクト層 4 の電極形成面 1 1 には n 側電極 1 3 2 が形成されている。

【0 0 4 8】

図 2 は、多重量子井戸構造の発光層の構造を示す模式的断面図である。発光層 7 は、第 1 クラッド層 6 上に形成された  $n\text{-GaInN}$  からなる第 1 光ガイド層 7 1、第 1 光ガイド層 7 1 上に形成された活性層 7 2、および活性層 7 2 上に形成された  $p\text{-GaInN}$  からなる第 2 光ガイド層 7 3 からなる。活性層 7 2 は、 $n\text{-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$  からなるバリア層 7 2 1, 7 2 3, 7 2 5, 7 2 7 と、 $n\text{-In}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$  からなる井戸層 7 2 2, 7 2 4, 7 2 6 とが交互に積層されてなる。

【0 0 4 9】

図 1 の半導体レーザ素子においては、 $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b によりエッチング速度の再現性が確保され、それにより誘電体膜 1 2 A の加工精度が高くなる。また、 $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a により誘電体膜 1 2 A と各層 4 ~ 9 との密着性が良くなる。それにより、誘電体膜 1 2 A に亀裂が発生しにくくなり、リーク電流が減少する。その結果、図 1 の半導体発光素子は、動作電流が低減され、製造歩留りが高くなっている。

【0 0 5 0】

(第 2 の実施の形態)

図 3 は本発明の第 2 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。図 3 に示す第 2 の実施の形態の窒化物系半導体レーザ素子の構成は、誘電体膜を除き図 1 に示す第 1 の実施の形態の窒化物系半導体レーザ素子の構成と同様である。

#### 【 0 0 5 1 】

図 3 に示す窒化物系半導体レーザ素子は、図 1 の窒化物系半導体レーザ素子の誘電体膜 1 2 A の代わりに誘電体膜 1 2 B を備える。

#### 【 0 0 5 2 】

誘電体膜 1 2 B は、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a ( $x$  はほぼ 1)、 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b ( $x1$  はほぼ 0.5、 $y1$  はほぼ 1) および  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c ( $y$  はほぼ 2) からなる。

#### 【 0 0 5 3 】

リッジ部 1 0 の両側面、第 2 クラッド層 8 の平坦面および側面、発光層 7 の側面、第 1 クラッド層 6 の側面、クラック防止層 5 の側面、第 1 コンタクト層 4 の一部側面ならびに  $n$  側電極 1 3 2 が形成されている領域を除く電極形成面 1 1 に  $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a が形成される。また、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a 上に  $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b ( $x1$  はほぼ 0.5、 $y1$  はほぼ 1) が形成され、 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b 上に  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c ( $y$  はほぼ 2) が形成される。

#### 【 0 0 5 4 】

このように、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との間に窒素および酸素を含む  $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b を形成することにより、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との密着性がさらに高まり、誘電体膜 1 2 B の剥離がさらに抑制され、歩留りが向上する。また、誘電体膜 1 2 B に亀裂がほとんど発生しなくなるため、リーク電流が減少し、動作電流が低減される。さらに、誘電体膜 1 2 B のエッチング速度の再現性が良くなり、ロット間のばらつきが少ない窒化物系半導体レーザ素子の製造が可能になる。

#### 【 0 0 5 5 】

##### (第 3 の実施の形態)

図 4 は本発明の第 3 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の誘電体

膜の構成を説明するための図である。

【 0 0 5 6 】

第 3 の実施の形態の窒化物系半導体レーザ素子は誘電体膜を除き図 1 に示した窒化物系半導体レーザ素子と同様の構成を有する。

【 0 0 5 7 】

第 3 の実施の形態の窒化物系半導体レーザ素子は、図 1 の窒化物系半導体レーザ素子の誘電体膜 1 2 A の代わりに図 4 に示す誘電体膜 1 2 C を備える。

【 0 0 5 8 】

誘電体膜 1 2 C は、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a、 $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d および  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c を順に備えてなる。

【 0 0 5 9 】

図 1 のリッジ部 1 0 の両側面、第 2 クラッド層 8 の平坦面および側面、発光層 7 の側面、第 1 クラッド層 6 の側面、クラック防止層 5 の側面、第 1 コンタクト層 4 の一部側面ならびに n 側電極 1 3 2 が形成されている領域を除く電極形成面 1 1 に  $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a が形成される。

【 0 0 6 0 】

$\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d では、図 4 に示すように、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a との界面から N（窒素）含有量  $x 2$  が 1 から 0 まで徐々に減少し、O（酸素）含有量  $y 2$  が 0 から 2 まで徐々に増加している。

【 0 0 6 1 】

このように、窒化物系半導体上に形成する  $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との間に N および O の含有量が徐々に変化する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d を形成することにより、 $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との密着性がさらに高まり、誘電体膜 1 2 C の剥離がさらに抑制され、歩留りが向上する。また同時に誘電体膜 1 2 C に亀裂がほとんど発生しなくなるため、リーク電流が減少し、動作電流が低減される。さらに、誘電体膜 1 2 C のエッチング速度の再現性が良くなり、ロット間のばらつきが少ない窒化物系半導体レーザ素子の製造が可能になる。

【 0 0 6 2 】



## (第 4 の実施の形態)

図 5 は本発明の第 4 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

## 【 0 0 6 3 】

図 5 に示す窒化物系半導体レーザ素子は誘電体膜を除き、図 1 に示す窒化物系半導体レーザ素子と同様の構成を有する。

## 【 0 0 6 4 】

図 5 に示す窒化物系半導体レーザ素子は、図 1 の窒化物系半導体レーザ素子の誘電体膜 1 2 A の代わりに誘電体膜 1 2 D を備える。

## 【 0 0 6 5 】

誘電体膜 1 2 D は、 $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d および  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c からなる。

## 【 0 0 6 6 】

このように、窒化物系半導体と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との間に N および O の含有量が徐々に変化する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d を形成することにより、窒化物系半導体と誘電体膜 1 2 D との密着性がさらに高まり、誘電体膜 1 2 D の剥離がさらに抑制され、歩留りが向上する。また同時に、誘電体膜 1 2 D に亀裂がほとんど発生しなくなるため、リーク電流が減少し、動作電流が低減する。さらに、誘電体膜 1 2 D のエッチング速度の再現性が良好であるため、ロット間のばらつきが少ない窒化物系半導体レーザ素子の製造が可能になる。

## 【 0 0 6 7 】

## (第 5 の実施の形態)

次に、本発明の第 5 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子について説明する。

## 【 0 0 6 8 】

第 5 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の構成は、図 1 の窒化物系半導体レーザ素子の構成において、 $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a の代わりに  $\text{TiN}_x$  膜 ( $x$  はほぼ 1) を、 $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b の代わりに  $\text{TiO}_y$  膜 ( $y$  はほぼ 2) を用いる。

## 【 0 0 6 9 】

このように、窒化膜として  $TiN_x$ 、酸化膜として  $TiO_y$  を用いることによっても窒化物系半導体と誘電体膜との密着性が高まり、誘電体膜の剥離が抑制され、歩留りが向上する。また、誘電体膜に亀裂がほとんど発生しなくなるため、リーク電流が減少し、動作電流が低減される。さらに、誘電体膜のエッチング速度の再現性が良くなり、ロット間のばらつきが少ない窒化物系半導体レーザ素子の製造が可能になる。

## 【 0 0 7 0 】

なお、第 5 の実施の形態では、図 1 の半導体レーザ素子の珪素化合物からなる誘電体膜 1 2 A をチタン化合物からなる誘電体膜に置き換えたが、図 3 ～ 図 5 に示す第 2 ～ 第 4 の実施の形態の半導体レーザ素子の珪素化合物からなる誘電体膜 1 2 B ～ 1 2 D を、チタン化合物からなる誘電体膜に置き換えてもよい。

## 【 0 0 7 1 】

それらの場合、誘電体膜 1 2 B の Si を Ti に置き換えた  $TiN_x$  膜、 $TiN_{x1}O_{y1}$  膜および  $TiO_y$  膜からなる誘電体膜においては、 $TiN_x$  膜と  $TiO_y$  膜との密着性がさらに向上する。誘電体膜 1 2 C の Si を Ti に置き換えた  $TiN_x$  膜、 $TiN_{x2}O_{y2}$  膜および  $TiO_y$  膜からなる誘電体膜においては、 $TiN_x$  膜と  $TiO_y$  膜との密着性がさらに向上する。また、誘電体膜 1 2 D の Si を Ti に置き換えた  $TiN_{x2}O_{y2}$  膜および  $TiO_y$  膜からなる誘電体膜においては  $TiN_{x2}O_{y2}$  膜の下に形成される窒化物系半導体と  $TiO_y$  膜との密着性がさらに向上する。

## 【 0 0 7 2 】

(第 6 の実施の形態)

図 6 は、本発明の第 6 の実施の形態における窒化物系半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

## 【 0 0 7 3 】

図 6 の窒化物系半導体レーザ素子は、リッジ部 1 1 0 の側面に 2 ～ 1 0 nm の凹凸を有する。図 6 の窒化物系半導体レーザ素子は、リッジ部 1 1 0 の側面に凹凸を有する以外は、図 3 に示す第 2 の実施の形態による窒化物系半導体レーザ素

子と同様の構成を有する。

【0074】

リッジ部110を形成するために、まず、Niをマスクとして反応性イオンエッチング(RIE)または反応性イオンビームエッチング(RIBE)などのドライエッチング法により第2コンタクト層9の上面から第2クラッド層8の途中までエッチングを行って凸部を形成する。その後、凸部側壁の損傷層を除去することができるように例えばRIEの高周波出力を小さくして化学的エッチング性を高める。それにより、GaN(第2コンタクト層9)とAlGaN(第2クラッド層8)の結晶性が異なるため、側壁の横方向のエッチング速度が異なり、段差が形成される。それにより、側面に凹凸を有するリッジ部110が形成される。または、RIEの高周波出力を小さくする代わりに、アルカリ系のウェットエッチングによってリッジ側壁の損傷層を除去しても同じ結果になる。

【0075】

リッジ部110の側面に凹凸を有することにより、誘電体膜12Bと第2クラッド層8および第2コンタクト層9との密着性がさらに向上する。そのため、誘電体膜12Bの割れまたは剥離が防止され、リーク電流が減少する。

【0076】

なお、図6の窒化物系半導体レーザ素子では、誘電体膜として図3の半導体レーザ素子の誘電体膜12Bを用いたが、図1に示す誘電体膜12A、図4に示す誘電体膜12Cまたは図5に示す誘電体膜12Dを用いてもよい。リッジ部110の側面の凹凸により誘電体膜の構造にかかわらず密着性が向上するが、誘電体膜12A～12Dによる密着性の向上と合わさって密着性がさらに向上する。

【0077】

(第7の実施の形態)

図7は、本発明の第7の実施の形態における発光ダイオードの構成を示す模式的断面図である。

【0078】

図7に示す発光ダイオードにおいては、サファイア基板202上にアンドープのAlGaNからなる膜厚20nmのAlGaN低温バッファ層203、膜厚4

00 nmのアンドープGaN高温バッファ層204、膜厚1.5  $\mu$ mのn-GaNコンタクト層205、MQW（多重量子井戸）活性層（発光層）206、膜厚10 nmのアンドープGaN保護層207、膜厚150 nmのp-Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層208および膜厚300 nmのp-GaNコンタクト層209が順に形成されている。なお、この場合のn型ドーパントとしてはSiが用いられており、p型ドーパントとしてはMgが用いられている。

#### 【0079】

MQW活性層206は、膜厚5 nmのアンドープGaNからなる6つの障壁層206aと、膜厚5 nmのアンドープIn<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>Nからなる5つの井戸層206bとが交互に積層されてなる多重量子井戸構造を有する。MQW活性層206の結晶劣化を防止するため、MQW活性層206上にアンドープGaN保護層207が形成されている。

#### 【0080】

p-GaNコンタクト層209からn-GaNコンタクト層205までの一部領域がエッチングにより除去され、露出したn-GaNコンタクト層205の所定領域上面に膜厚500 nmのAl膜からなるn側電極212が形成されている。また、p-GaNコンタクト層209の所定領域上面には、膜厚2 nmのNi膜210aおよび膜厚4 nmのAu膜210bを積層してなるp側透光性電極210が形成され、さらにその上に、膜厚30 nmのTi膜211aおよび膜厚500 nmのAu膜211bを積層してなるp側パッド電極211が形成されている。

#### 【0081】

図7に示す発光ダイオードは、以下のようにして製造される。

発光ダイオードの製造の際には、まず、MOCVD装置内にC面を基板表面とするサファイア基板202を配置し、MOCVD法により、サファイア基板202のC面上にAlGaN低温バッファ層203、アンドープGaN高温バッファ層204、n-GaNコンタクト層205、MQW活性層206、アンドープGaN保護層207、p-Al<sub>0.05</sub>Ga<sub>0.95</sub>Nクラッド層208およびp-GaNコンタクト層209を順に成長させる。なお、各層203～209の膜厚および

成長時の条件に関しては表1に示すとおりである。

【0082】

【表1】

	膜厚 (nm)	成長時の 基板温度(°C)	原料ガス	キャリアガス
AlGa <sub>N</sub> 低温バッファ層	20	600	NH <sub>3</sub> , TMAI, TMGa	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
アンド-ブ GaN 高温バッファ層	400	1150	NH <sub>3</sub> , TMGa	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
n-GaNコンタクト層	1500	1150	NH <sub>3</sub> , TMGa, SiH <sub>4</sub>	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
MQW活性層				
{ アンド-ブ GaN 障壁層(6層)	5 (1層)	850	NH <sub>3</sub> , TEGa	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
{ アンド-ブ In <sub>0.35</sub> Ga <sub>0.65</sub> N 井戸層(5層)	5 (1層)		NH <sub>3</sub> , TEGa, TMI n	
アンド-ブ GaN保護層	10	850	NH <sub>3</sub> , TEGa	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
p-Al <sub>0.05</sub> Ga <sub>0.95</sub> N クラッド層	150	1150	NH <sub>3</sub> , TMGa, TMAI, Cp <sub>2</sub> Mg	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>
p-GaNコンタクト層	300	1150	NH <sub>3</sub> , TMGa, Cp <sub>2</sub> Mg	H <sub>2</sub> , N <sub>2</sub>

【0083】

表1中のTMAIはトリメチルアルミニウムを表しており、TMGaはトリメチルガリウムを表しており、TMI nはトリメチルインジウムを表しており、TEGaはトリエチルガリウムを表わしている。また、反応ガスにおけるNH<sub>3</sub>は窒素源であり、TMAIはアルミニウム源であり、TMGaおよびTEGaはガリウム源であり、TMI nはインジウム源である。また、SiH<sub>4</sub>（シランガス

）はn型のドーピング原料であり、 $\text{Cp}_2\text{Mg}$ （ビスシクロペンタジエニルマグネシウム）はp型のドーピング原料である。

#### 【0084】

なお、各層203～209の成長時の基板温度は、表1中に記載の基板温度に限定されるものではない。 $\text{AlGaIn}$ 低温バッファ層203の成長時には、基板温度を非単結晶成長温度に設定すればよく、各層204～209の成長時には、基板温度を単結晶成長温度に設定すればよい。特に、各層204，205，208，209の成長時には基板温度1000～1200℃に設定することが好ましく、また、各層206，207の成長時には基板温度を700～1000℃に設定することが好ましい。

#### 【0085】

また、各層203～209の成長時に供給される $\text{H}_2$  および $\text{N}_2$  混合のキャリアガスにおいて、 $\text{H}_2$  の含有率は、各層203～205の成長時には50%であり、各層206，207の成長時には1～5%であり、各層207～209の成長時には1～3%である。

#### 【0086】

##### 【実施例】

##### 【実施例1】

実施例1においては図1の半導体レーザ素子を用いた。

#### 【0087】

図1の半導体レーザ素子は以下のようにして作製した。サファイア基板1のC面上に、MOCVD法（有機金属化学的気相堆積法）により、 $\text{Al}_{0.5}\text{Ga}_{0.5}\text{N}$ からなる厚さ250Åのバッファ層2、アンドープの $\text{GaIn}$ からなる厚さ2μmの $\text{GaIn}$ 層3、n- $\text{GaIn}$ からなる厚さ3μmの第1コンタクト層4、n- $\text{In}_{0.1}\text{Ga}_{0.9}\text{N}$ からなる厚さ0.1μmのクラック防止層5、n- $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ1μmの第1クラッド層6、発光層7、p- $\text{Al}_{0.07}\text{Ga}_{0.93}\text{N}$ からなる厚さ0.3μmの第2クラッド層8およびp- $\text{GaIn}$ からなる厚さ0.05μmの第2コンタクト層9を順に成長させた。なお、多重量子井戸構造の発光層7は、第1クラッド層6上に形成されたn- $\text{GaIn}$ からなる厚さ0.

1  $\mu\text{m}$  の第 1 光ガイド層 7 1、後述する活性層 7 2 および  $\text{p-GaN}$  からなる厚さ 0.1  $\mu\text{m}$  の第 2 光ガイド層 7 3 を順に積層させた。活性層 7 2 として、 $\text{n-In}_{0.02}\text{Ga}_{0.98}\text{N}$  からなる 6 nm の 4 つのバリア層 7 2 1, 7 2 3, 7 2 5, 7 2 7 層と  $\text{n-In}_{0.10}\text{Ga}_{0.90}\text{N}$  からなる 3 nm の 3 つの井戸層 7 2 2, 7 2 4, 7 2 6 とを交互に積層させた。

【0088】

誘電体膜 1 2 A は、プラズマ CVD 法により、原料ガスとして  $\text{SiH}_4$  (100%)、 $\text{NH}_3$  (100%) および  $\text{N}_2\text{O}$  (100%) を用いて成膜した。膜厚 50 nm の  $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a の成膜は、 $\text{SiH}_4$  流量 15 SCCM (Standard Cubic Centimeter Per Minute)、 $\text{NH}_3$  流量 200 SCCM、高周波出力 200 W、基板温度 300℃ の条件の下で行った。また、膜厚 500 nm の  $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b の成膜は、 $\text{SiH}_4$  流量 10 SCCM、 $\text{N}_2\text{O}$  流量 100 SCCM、高周波出力 200 W、基板温度 300℃ の状況の下で行った。 $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a および  $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b の成膜は、同一装置内で連続して行った。

【0089】

実施例 1 の半導体レーザ素子においては、5 mW 出力時の 10 ロットの動作電流の平均値が 72 mA であり、歩留りが 85% であった。

【0090】

〔実施例 2〕

実施例 2 においては、図 3 の半導体レーザ素子を用いた。

【0091】

図 3 の半導体レーザ素子は、誘電体膜 1 2 B を除いて実施例 1 の半導体レーザ素子と同様に形成した。

【0092】

$\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a の層厚は 50 nm、 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b の層厚は 50 nm、 $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c の層厚は 500 nm である。

【0093】

$\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a は  $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a と同一の条件で形成し、 $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c は  $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b と同一の条件で形成した。 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b の

成膜条件は、 $\text{SiH}_4$  流量 30 SCCM、 $\text{NH}_3$  流量 200 SCCM、 $\text{N}_2\text{O}$  流量 150 SCCM、高周波出力 200 W、基板温度 300℃とした。 $\text{SiN}_x$  膜 112 a、 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 112 b および  $\text{SiO}_y$  膜 112 c は、同一装置内で連続して形成した。

## 【0094】

実施例 2 の半導体レーザ素子においては、5 mW 出力時の 10 ロットの動作電流の平均値が 72 mA、歩留りが 87% であった。

## 【0095】

## 【実施例 3】

実施例 3 においては、図 4 に示す構造を有する誘電体膜 12 C を含む半導体レーザ素子を用いた。

## 【0096】

図 4 の半導体レーザ素子は、誘電体膜 12 C の  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112 d を除いて、実施例 2 の半導体レーザ素子と同様に形成した。

## 【0097】

図 4 に示す  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112 d の層厚は 50 nm である。 $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112 d は、プラズマ CVD 法を用いて、高周波出力を 200 W、基板温度を 300℃とし、 $\text{SiH}_4$  流量を 30 SCCM で一定とし、 $\text{NH}_3$  流量を 200 SCCM から 0 SCCM まで徐々に減少させると同時に、 $\text{N}_2\text{O}$  流量を 0 SCCM から 150 SCCM まで徐々に増加させることにより形成した。

## 【0098】

実施例 3 の半導体レーザ素子においては、5 mW 出力時の 10 ロットの動作電流の平均値が 69 mA、歩留りが 90% であった。

## 【0099】

## 【実施例 4】

実施例 4 においては、図 5 に示す半導体レーザ素子を用いた。

## 【0100】

図 5 の半導体レーザ素子は、 $\text{SiN}_x$  膜 112 a を形成しないことを除き図 4 の半導体レーザ素子と同様に形成した。



## 【0101】

ここで、 $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜112dは、プラズマCVD法を用いて、高周波出力を200Wとし、基板温度を300℃とし、 $\text{SiH}_4$  流量を30SCCMで一定とし、 $\text{NH}_3$  流量を200SCCMから0SCCMまで徐々に減少させると同時に、 $\text{N}_2\text{O}$ 流量を0SCCMから150SCCMまで徐々に増加させることにより形成した。

## 【0102】

実施例4の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電流の平均値が70mA、歩留りが88%であった。

## 【0103】

## [実施例5]

実施例5においては、図5に示す半導体レーザ素子を用いた。

## 【0104】

窒化物系半導体層上に層厚500nmの $\text{SiO}_y$  膜112c (yはほぼ2) を実施例2の条件で形成した。その後、試料を $\text{N}_2$  雰囲気中で1000℃に保って30分間熱処理を施すことにより、窒化物系半導体と $\text{SiO}_y$  との界面に、層厚10nmの $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜112dを形成した。

## 【0105】

実施例5の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電流の平均値が70mAであり、歩留りが87%であった。

## 【0106】

## [実施例6]

実施例6においては、反応性イオンエッチングまたは反応性イオンビームエッチングにより第2クラッド層8の所定の深さまで除去されたストライプ状のリッジ部10を形成する。その際に2~10nmの凹凸をリッジ部10の側面に形成した。その後、実施例1~5と同様として、半導体レーザ素子を作製した。

## 【0107】

この場合、動作電流の平均値が約5%低減され、歩留りが2~3%向上した。

## [実施例7]

実施例 7 においては、実施例 1 の半導体レーザ素子の  $\text{SiN}_x$  膜 1 2 a の代わりに、 $\text{TiN}_x$  膜 ( $x$  はほぼ 1) を、 $\text{SiO}_y$  膜 1 2 b の代わりに  $\text{TiO}_y$  膜 ( $y$  はほぼ 2) を用いること以外は実施例 1 の半導体レーザ素子と同様の構成を用いた。

#### 【0 1 0 8】

$\text{TiN}_x$  膜および  $\text{TiO}_y$  膜は、原料として  $\text{TiCl}_4$ 、 $\text{NH}_3$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  を用いたプラズマ CVD 法により形成した。 $\text{TiN}_x$  膜は、基板温度  $450^\circ\text{C}$ 、高周波出力  $100\text{W}$  とし、 $\text{TiCl}_4$  の流量  $30\text{SCCM}$ 、 $\text{NH}_3$  流量  $300\text{SCCM}$  として成膜した。また、 $\text{TiO}_y$  膜は、 $\text{TiCl}_4$  流量  $30\text{SCCM}$ 、 $\text{N}_2\text{O}$  流量  $400\text{SCCM}$ 、高周波出力  $100\text{W}$ 、基板温度  $450^\circ\text{C}$  として成膜した。 $\text{TiN}_x$  膜および  $\text{TiO}_y$  膜は、同一装置内にて連続して成膜を行った。

#### 【0 1 0 9】

実施例 7 の半導体レーザ素子においては、 $5\text{mW}$  出力時の  $10$  ロットの動作電流の平均値が  $75\text{mA}$ 、歩留りが  $83\%$  であった。

#### 【0 1 1 0】

##### 【実施例 8】

実施例 8 においては、図 3 の半導体レーザ素子において、誘電体膜 1 2 B の  $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a、 $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 1 1 2 b および  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c の代わりに、 $\text{TiN}_x$  膜 ( $x$  はほぼ 1)、 $\text{TiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜 ( $x1$  はほぼ 0.5、 $y1$  はほぼ 1)、 $\text{TiO}_y$  膜 ( $y$  はほぼ 2) からなる 3 層の誘電体膜を用いた。

#### 【0 1 1 1】

実施例 8 の半導体レーザ素子においては、 $5\text{mW}$  出力時の  $10$  ロットの動作電流の平均値が  $73\text{mA}$  であり、歩留りが  $88\%$  であった。

#### 【0 1 1 2】

##### 【実施例 9】

実施例 9 においては、図 4 の半導体レーザ素子において、誘電体膜 1 2 C の  $\text{SiN}_x$  膜 1 1 2 a、 $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d および  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c の代わりに、 $\text{TiN}_x$  膜 ( $x$  はほぼ 1)、 $\text{TiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜で傾斜組成の酸化窒化膜および  $\text{TiO}_y$  膜 ( $y$  はほぼ 2) の 3 つの層を用いた。

【 0 1 1 3 】

$TiN_{x2}O_{y2}$ 膜は、 $TiN_x$ 膜との界面からN（窒素）含有量 $x_2$ を1から0まで徐々に減少させ、O（酸素）含有量 $y_2$ を0から2まで徐々に増加させて形成した。

【 0 1 1 4 】

実施例9の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電流の平均値が70mAであり、歩留りが89%であった。

【 0 1 1 5 】

【実施例10】

実施例10においては、実施例9の $TiN_x$ 膜からなる膜を除いた構成とした。

【 0 1 1 6 】

実施例10の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電流の平均値が71mAであり、歩留りが88%であった。

【 0 1 1 7 】

【比較例1】

比較例1においては、図1の半導体レーザ素子の構造において、誘電体膜12Aの代わりに層厚500nmの $SiO_y$ （ $y$ がほぼ2）からなる誘電体膜を用いた。

【 0 1 1 8 】

比較例1の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電流の平均値が82mAであり、歩留りが57%であった。

【 0 1 1 9 】

【比較例2】

比較例2においては、図1の半導体レーザ素子の構造において、誘電体膜12Aの代わりに $SiN_x$ （ $x$ はほぼ1）からなる誘電体膜を用いた。この誘電体膜の層厚は500nmである。

【 0 1 2 0 】

比較例2の半導体レーザ素子においては、5mW出力時の10ロットの動作電

流の平均値は 8 0 m A であり、歩留りが 6 0 % であった。

【 0 1 2 1 】

上記の結果を表 2 にまとめて示す。

【 0 1 2 2 】

【表 2】

	誘電体膜	動作電流 (平均値)	歩留り
実施例 1	$\text{SiN}_x$ 膜 12a / $\text{SiO}_y$ 膜 12b	72mA	85%
実施例 2	$\text{SiN}_x$ 膜 112a / $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$ 膜 112b / $\text{SiO}_y$ 膜 112c	72mA	87%
実施例 3	$\text{SiN}_x$ 膜 112a / $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜 112d / $\text{SiO}_y$ 膜 112c	69mA	90%
実施例 4	$\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜 112d / $\text{SiO}_y$ 膜 112c	70mA	88%
実施例 5	$\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜 112d / $\text{SiO}_y$ 膜 112c	70mA	87%
実施例 6	実施例 1 ~ 5 (リッジ部に凹凸)	約 5% 低減	2 ~ 3% 向上
実施例 7	$\text{TiN}_x$ 膜 / $\text{TiO}_y$ 膜	75mA	83%
実施例 8	$\text{TiN}_x$ 膜 / $\text{TiN}_{x1}\text{O}_{y1}$ 膜 / $\text{TiO}_y$ 膜	73mA	88%
実施例 9	$\text{TiN}_x$ 膜 / $\text{TiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜 / $\text{TiO}_y$ 膜	70mA	89%
実施例 10	$\text{TiN}_{x2}\text{O}_{y2}$ 膜 / $\text{TiO}_y$ 膜	71mA	88%
比較例 1	$\text{SiO}_y$	82mA	57%
比較例 2	$\text{SiN}_x$	80mA	60%

【 0 1 2 3 】

表 2 に示すように、動作電流の平均値は比較例 1, 2 で 8 2 m A および 8 0 m

Aであったものが実施例 1～5, 7～10 では 69～75 mA と低減された。比較例においては、誘電体膜の剥離および亀裂が多くなり、不良素子発生数が増加した。特に、比較例 1 では、このような不良が顕著であった。また、比較例の良品においても、誘電体膜の微細な亀裂が観察された素子の数が多かった。比較例において動作電流が高い原因はこのような亀裂を通して無効電流が流れたためと考えられる。歩留りは、比較例 1, 2 で 57% および 60% であったものが実施例 1～5, 7～10 では 83～90% に向上した。

## 【0124】

なお、実施例 3 においては、プラズマ CVD 法を用いて、基板温度 300℃ で  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112d を形成したが、 $\text{SiN}_x$  膜 112a 上に直接  $\text{SiO}_y$  膜 112c を形成した後、例えば 500～1000℃ で熱処理を施すことにより、 $\text{SiN}_x$  膜 112a 中の窒素 (N) と  $\text{SiO}_y$  膜 112c 中の酸素 (O) とを相互拡散させ、 $\text{SiN}_x$  膜 112a と  $\text{SiO}_y$  膜 112c との界面に窒素と酸素の傾斜組成を有する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112d を形成してもよい。

## 【0125】

あるいは、 $\text{SiN}_x$  膜 112a 上に直接  $\text{SiO}_y$  膜 112c を形成する場合において、例えば熱 CVD 法を用いて、 $\text{SiO}_y$  膜 112c の成膜温度 (基板温度) を 500～1000℃ に設定することにより、 $\text{SiO}_y$  膜 112c の成膜中に、 $\text{SiN}_x$  膜 112a 中の窒素 (N) と  $\text{SiO}_y$  膜 112c 中の酸素 (O) とを相互拡散させ、 $\text{SiN}_x$  膜 112a と  $\text{SiO}_y$  膜 112c との界面に窒素と酸素の傾斜組成を有する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112d を形成してもよい。

## 【0126】

このように、拡散により  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112d を形成する場合、その膜厚は、アニール温度および時間の条件により 5 nm～50 nm に制御できる。

## 【0127】

また、実施例 4 においては、プラズマ CVD 法を用いて、基板温度 300℃ で  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 112d を形成したが、上記と同様に、窒化物系半導体層 4～9 上に直接  $\text{SiO}_y$  膜 112c を形成した後、例えば 500～1000℃ で熱処理を施すことにより、窒化物系半導体層 4～9 中の窒素 (N) と  $\text{SiO}_y$  膜 112

c 中の酸素 (O) とを相互拡散させ、窒化物系半導体層 4 ~ 9 と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との界面に窒素と酸素の傾斜組成を有する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d を形成してもよい。なお、1 0 0 0℃で 3 0 分間の熱処理を施した場合が実施例 5 に相当する。

#### 【0 1 2 8】

あるいは、窒化物系半導体層 4 ~ 9 上に直接  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c を形成する場合において、例えば熱 CVD 法を用いて、 $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c の成膜温度 (基板温度) を 5 0 0 ~ 1 0 0 0℃に設定することにより、 $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c の成膜中に、窒化物系半導体層 4 ~ 9 中の窒素 (N) と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c 中の酸素 (O) とを相互拡散させ、窒化物系半導体層 4 ~ 9 と  $\text{SiO}_y$  膜 1 1 2 c との界面に窒素と酸素の傾斜組成を有する  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d を形成してもよい。

#### 【0 1 2 9】

このように、拡散により  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜 1 1 2 d を形成する場合、その膜厚は、アニール温度および時間の条件により 5 n m ~ 5 0 n m に制御できる。

#### 【0 1 3 0】

なお、上記各実施の形態では、基板として C 面を有するサファイア基板を用いたが、サファイア基板の r 面や m 面など他の面方位を用いてもよい。また、SiC や GaN などの基板を用いてもよい。

#### 【図面の簡単な説明】

##### 【図 1】

本発明の第 1 の実施の形態に係る半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

##### 【図 2】

図 1 の半導体レーザ素子の活性層の構成を示す模式的断面図である。

##### 【図 3】

本発明の第 2 の実施の形態に係る半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

##### 【図 4】

本発明の第 3 の実施の形態に係る半導体レーザ素子の誘電体膜の構成を説明す

るための図である。

【図 5】

本発明の第 4 の実施の形態に係る半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 6】

本発明の第 6 の実施の形態に係る半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【図 7】

本発明の第 7 の実施の形態に係る発光ダイオードの構成を示す模式的断面図である。

【図 8】

従来の半導体レーザ素子の構成を示す模式的断面図である。

【符号の説明】

4 第 1 コンタクト層

5 クラック防止層

6 第 1 クラッド層

7 発光層

8 第 2 クラッド層

9 第 2 コンタクト層

10 リッジ部

12 a, 112 a  $\text{SiN}_x$  膜

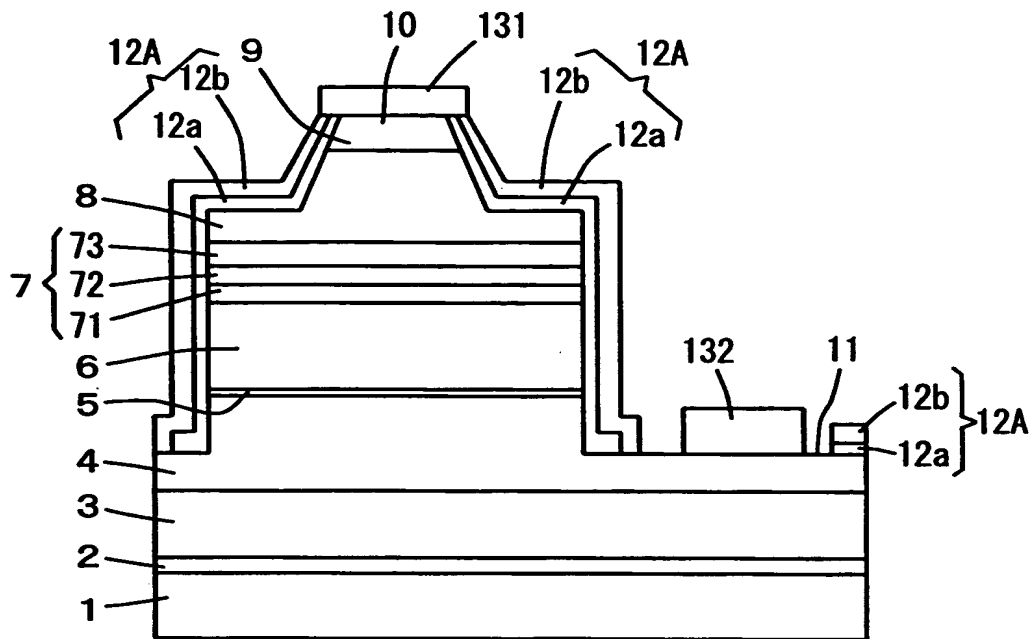
12 b, 112 c  $\text{SiO}_y$  膜

112 b  $\text{SiN}_{x1}\text{O}_{y1}$  膜

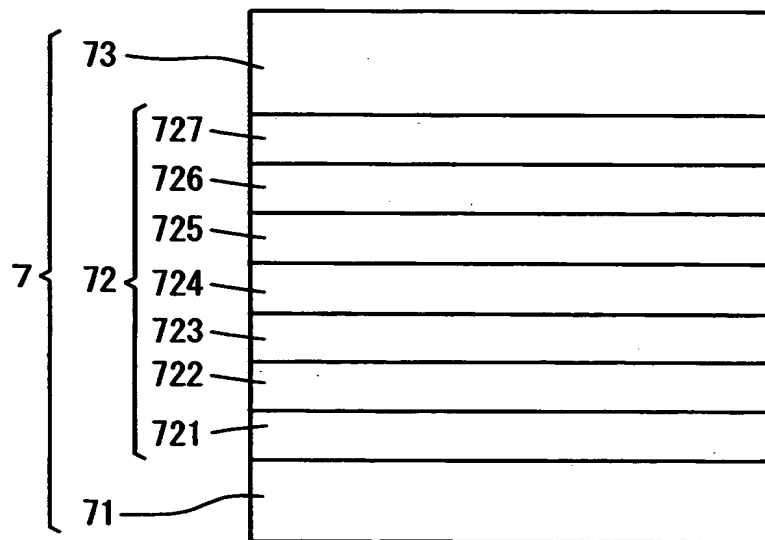
112 d  $\text{SiN}_{x2}\text{O}_{y2}$  膜

【書類名】 図面

【図 1】

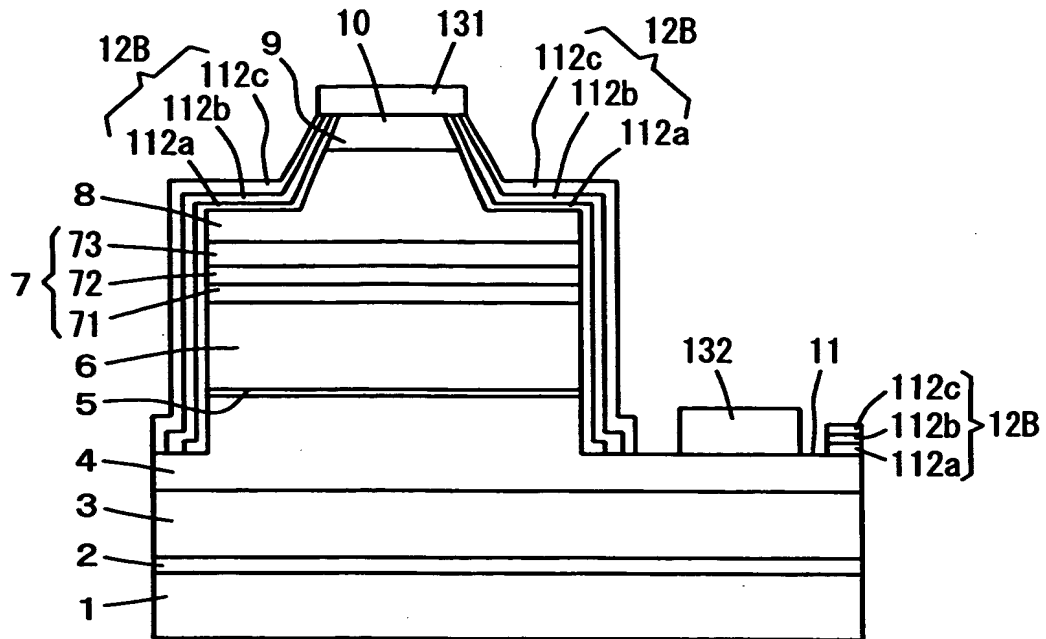


【図 2】

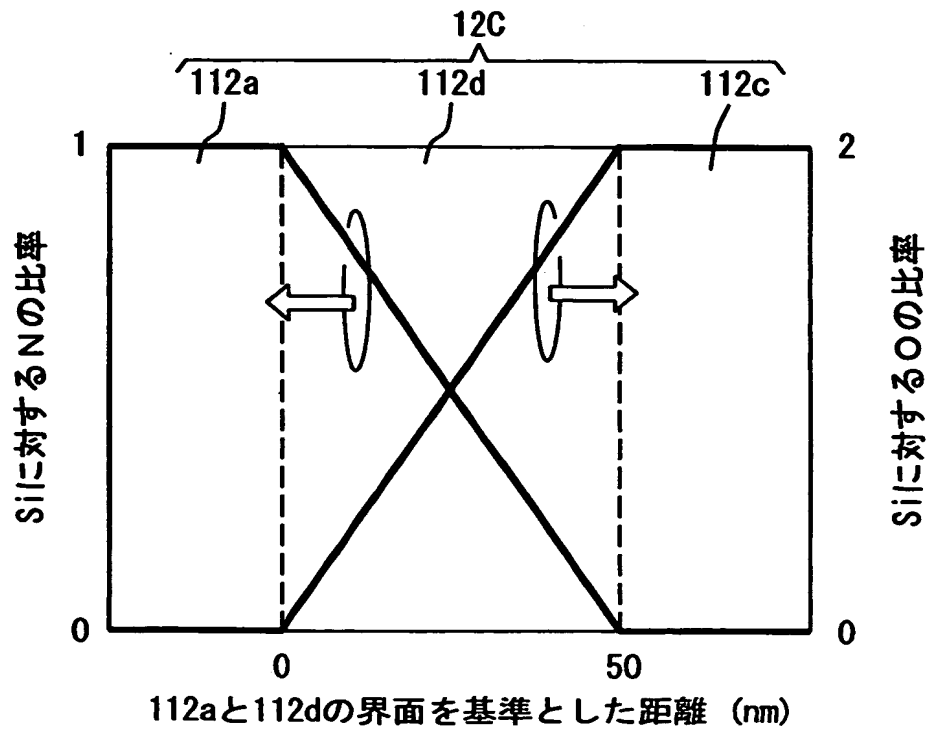




【図 3】

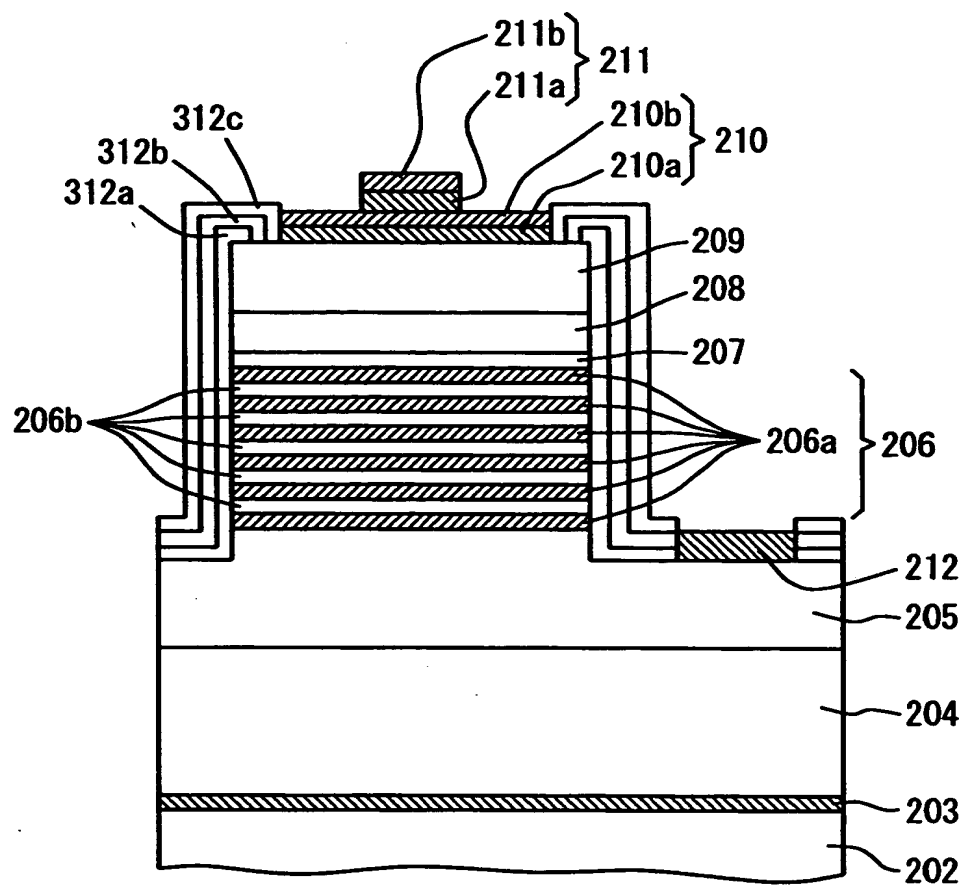


【図 4】

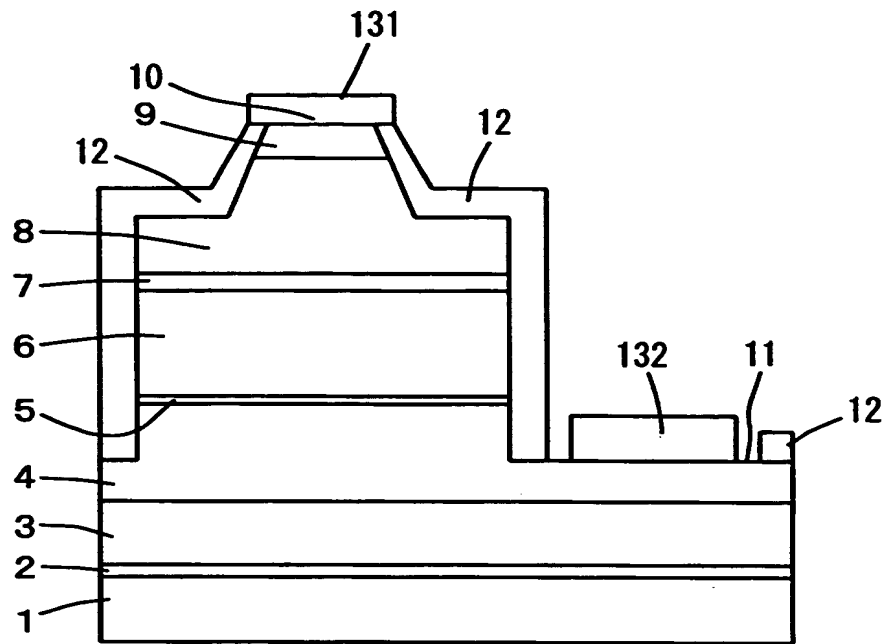




【図 7】



【図 8】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 素子特性の再現性が高くかつ歩留りが向上した半導体発光素子を提供することである。

【解決手段】 第1コンタクト層4の一部側面およびn側電極132を除く電極形成面11、各層5～8の側面、第2クラッド層8の上面ならびにリッジ部10の側面に $\text{SiN}_x$ 膜12aが形成される。 $\text{SiN}_x$ 膜12a上に $\text{SiO}_y$ 膜12bが形成される。 $\text{SiN}_x$ 膜12aおよび $\text{SiO}_y$ 膜12bにより誘電体膜12Aが構成される。

【選択図】 図1

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001889]

1. 変更年月日	1993年10月20日
[変更理由]	住所変更
住 所	大阪府守口市京阪本通2丁目5番5号
氏 名	三洋電機株式会社